

Smart Parking Space Detection Using Advanced Deep Learning Techniques

Lalu Heri Aguswandi¹, Bambang Krismono T², Galih Hendro Martono^{3*}
^{1,2,3} Ilmu Komputer, Universitas Bumigora, Mataram, Indonesia

Informasi Artikel

Diterima : 20 Februari 2025
Revisi : 25 Februari 2025
Publikasi : 20 Maret 2025

Kata Kunci:

YOLOv11
Deteksi Lahan Parkir
Sistem Berbasis Citra
Smart Parking
Kecerdasan Buatan (AI)

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan model deteksi slot parkir kosong yang akurat dan efisien guna memudahkan pengguna dalam menemukan tempat parkir. Model yang dikembangkan menggunakan YOLOv11 sebagai pretrained model dan menunjukkan performa yang sangat baik dengan precision 99%, recall 99%, dan Mean Average Precision (mAP) 99%. Hasil ini membuktikan kemampuan model dalam mendeteksi slot parkir kosong secara akurat dengan jumlah epoch sebanyak 100. Selain itu, model ini mampu beroperasi secara real-time dengan frame rate mencapai 25 frame per second (FPS).

ABSTRACT This study aims to develop an accurate and efficient empty parking slot detection model to assist users in finding parking spaces. The developed model utilizes YOLOv11 as a pretrained model and demonstrates excellent performance with a precision of 99%, recall of 99%, and a Mean Average Precision (mAP) of 99%. These results validate the model's ability to accurately detect empty parking slots with 100 training epochs. Additionally, the model operates in real-time with a frame rate of 25 frames per second (FPS)

This is an open-access article under the [CC BY-SA](#) license



*Penulis Koresponden

Email: galih.hendro@universitasbumigora.ac.id

Cara sitasi IEEE::

L. H. Aguswandi, B. Krismono, & G. H. Martono, "Smart Parking Space Detection Using Advanced Deep Learning Techniques", *Journal of Artificial Intelligence and Software Engineering (J-AISE)*, vol. 5, no. 1, pp. 198-204, Maret 2025. doi: 10.30811/jaise.v5i1.6473

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara dengan tingkat pertumbuhan penduduk yang tinggi[1], yang berdampak pada meningkatnya kebutuhan akan kendaraan pribadi. Konsekuensinya, kebutuhan akan lahan parkir, terutama di kawasan perkotaan dengan tingkat mobilitas tinggi, juga semakin meningkat[2]. Namun, ketersediaan lahan parkir sering kali tidak sebanding dengan jumlah kendaraan yang beredar, menyebabkan masalah seperti kemacetan di area parkir, terutama di pusat perbelanjaan, perkantoran, dan tempat wisata[3]. Kesulitan menemukan tempat parkir yang kosong menjadi masalah umum bagi pengguna kendaraan[4], yang tidak hanya menghabiskan waktu tetapi juga meningkatkan konsumsi bahan bakar dan emisi karbon [5]. Berbagai teknologi telah dikembangkan untuk mengatasi permasalahan ini, seperti sistem berbasis perhitungan kendaraan masuk dan keluar (counter-based), sistem berbasis sensor (sensor-based), dan sistem berbasis citra (image-based)[6]. Sistem counter-based hanya mampu menghitung jumlah kendaraan tanpa menunjukkan

lokasi parkir yang tersedia, sementara sistem sensor-based memerlukan biaya tinggi karena harus memasang sensor di setiap slot parkir [7]. Alternatif yang lebih efisien adalah sistem berbasis citra (image-based), yang memanfaatkan kamera untuk mendeteksi keberadaan kendaraan dan mengidentifikasi tempat parkir yang kosong[8].

Penelitian oleh [9] menggunakan YOLOv3 untuk mengembangkan sistem penandaan otomatis tempat parkir yang mampu mendeteksi ketersediaan tempat parkir mobil dari video CCTV, dengan tingkat akurasi mencapai 94,49%. Selanjutnya, [10] memanfaatkan YOLOv5 untuk membangun model deteksi helm menggunakan dataset publik yang diklasifikasikan menjadi dua kelas, yaitu "alarm" dan "helmet," dan mencapai akurasi 94,7%. [11] mengaplikasikan YOLOv5 untuk mengembangkan sistem parkir cerdas (smart parking) dengan dataset publik sebanyak 206 gambar, berhasil mencapai akurasi 80%. [12] mengembangkan model deteksi lahan parkir menggunakan YOLOv4 dengan dataset COCO, menghasilkan akurasi 96,77%. Ektrada dkk. (2023) mengimplementasikan YOLOv3 dalam sistem pelacakan dan penghitungan kendaraan untuk pemetaan slot parkir, mencapai akurasi 85%. [13] mengembangkan sistem parkir otomatis berbasis pengenalan jenis kendaraan menggunakan YOLOv3-Tiny, dengan akurasi 98,48% untuk mobil dan 95,27% untuk sepeda motor. Ding dan Yang (2019) menggunakan YOLOv3 dengan dataset gabungan dari PASCAL VOC, COCO, dan PKLot, mencapai precision 91,6% dan recall 87,2%. [14] menggunakan YOLOv3 untuk mendeteksi objek dari video dan webcam secara real-time, menghasilkan akurasi 63%. Nguyen dkk. (2023) memperkenalkan YOLO5PKLot berbasis YOLOv5 dengan akurasi 99,6%. [15] memanfaatkan YOLOv8 untuk deteksi tempat parkir dengan dataset primer dari kamera video UTA45, menghasilkan akurasi 80%. [16] menggunakan YOLOv4 untuk membangun sistem penghitung mobil berbasis Python dengan dataset COCO dan akurasi 72,8%. [17] mengembangkan sistem deteksi tempat parkir berbasis YOLOv5-OBb untuk kendaraan listrik dengan dataset primer 20.000 gambar, mencapai akurasi 84%. [18] membandingkan berbagai model YOLO (YOLOv3, YOLOv5, YOLOv7, dan YOLOv8) dengan dataset PKLot, menghasilkan akurasi antara 85% hingga 93%. [19] menggunakan YOLOv3 untuk mendeteksi ketersediaan slot parkir dengan dataset hasil kamera sebanyak 288 gambar, mencapai akurasi 96%.

Penelitian ini mengusulkan penggunaan metode YOLO versi 11 (YOLOv11) untuk mendeteksi ketersediaan lahan parkir kosong dengan pendekatan space-driven. YOLO merupakan metode deteksi berbasis Convolutional Neural Network (CNN) [20]. Dengan penerapan CNN memungkinkan model untuk memahami pola visual secara mendalam [21], sehingga menjadi dasar dari banyak metode deteksi objek yang mampu mengidentifikasi objek dalam gambar dengan cepat dan akurat [22]. YOLO menggunakan pendekatan single shot yang menggabungkan proses deteksi dan klasifikasi dalam satu langkah [23] sehingga membuat YOLO dapat dengan cepat mendeteksi objek[24]. Dengan peningkatan arsitektur dan optimasi pada YOLOv11[25], sistem ini diharapkan mampu mendeteksi lahan parkir kosong dengan akurasi yang lebih tinggi dibandingkan dengan versi sebelumnya. Kontribusi utama dari penelitian ini adalah penerapan YOLOv11 untuk deteksi lahan parkir kosong, yang hingga saat ini belum banyak dieksplorasi dalam penelitian sebelumnya. Hasil penelitian ini berpotensi menjadi solusi yang lebih efektif dan ekonomis untuk manajemen parkir di berbagai lokasi, serta memberikan kontribusi dalam pengembangan teknologi smart parking berbasis kecerdasan buatan.

2. METODE

Penelitian ini bertujuan untuk mengimplementasikan metode YOLOv11 dalam mendeteksi ketersediaan lahan parkir kosong berbasis citra. Metode ini digunakan untuk mengidentifikasi dan mengklasifikasikan area parkir yang kosong secara otomatis. Tahapan penelitian ini meliputi beberapa langkah utama, yaitu: (1) Pengumpulan Data, (2) Framing Data, (3) Pelabelan, (4) Pelatihan Model, (5) Pengujian dan Evaluasi



Gambar 1. Tahapan penelitian

2.1. Pengumpulan Dataset

Dataset yang digunakan dalam penelitian ini adalah dataset PKLOT, yang diunduh dari platform Kaggle. Dataset ini terdiri dari kumpulan gambar dan video yang merekam area parkir dalam berbagai kondisi cuaca dan intensitas cahaya, sehingga memberikan variasi data yang cukup untuk melatih model secara efektif. Dataset PKLOT telah banyak digunakan dalam penelitian terkait sistem parkir cerdas karena kemampuannya untuk merepresentasikan situasi nyata di lapangan.

2.2. Preprocessing

Pada tahap preprocessing, data yang telah diperoleh dari proses sebelumnya akan melalui serangkaian tahapan untuk memastikan kualitas dan kesiapan data sebelum digunakan dalam pelatihan model. Tahapan ini meliputi cropping, framing, dan labeling, yang bertujuan untuk mempersiapkan data agar sesuai dengan kebutuhan model dan meningkatkan akurasi hasil deteksi.

2.2.1 Cropping Data

Proses cropping dilakukan untuk memotong atau menghilangkan bagian area parkir yang terlalu jauh dari posisi kamera atau tidak relevan dengan tujuan penelitian. Hal ini penting karena area yang terlalu jauh dapat mengurangi kualitas data dan mengganggu kinerja model dalam mengenali objek. Dengan melakukan cropping, fokus analisis dapat diarahkan pada area parkir yang lebih dekat dan lebih jelas, sehingga meningkatkan akurasi deteksi. Selain itu, cropping juga membantu mengurangi ukuran data, yang dapat mempercepat proses pelatihan model.

2.2.2 Labeling

Labeling adalah proses pemberian anotasi pada data gambar untuk menandai area atau objek tertentu yang ingin dikenali oleh model. Pelabelan dilakukan dengan memberikan koordinat bounding box yang mengelilingi objek dalam gambar, disertai label kategori yang mendeskripsikan jenis objek tersebut.

2.4. Pelatihan Model

Tahap ini merupakan inti dari proses penelitian yang melibatkan serangkaian langkah penting, yaitu proses training, validation, dan testing. Pada tahap training, model dilatih menggunakan dataset yang telah disiapkan untuk mempelajari pola dan karakteristik data, seperti mendeteksi lahan parkir kosong. Selanjutnya, tahap validation dilakukan untuk mengevaluasi performa model menggunakan data validasi yang terpisah, guna memastikan model tidak mengalami overfitting atau underfitting. Terakhir, tahap testing digunakan untuk menguji model dengan data yang belum pernah dilihat sebelumnya, guna mengukur akurasi dan keandalan model dalam kondisi nyata. Ketiga tahap ini saling terkait dan krusial untuk memastikan model yang dihasilkan dapat bekerja secara efektif dan konsisten. Selama tahap training untuk mengukur kinerja model, digunakan metrik Mean Average Precision (mAP) seperti pada persamaan(1), yang merupakan indikator akurasi model dalam mendeteksi objek. mAP menggabungkan precision dan recall untuk memberikan evaluasi yang komprehensif terhadap performa model. Dengan metrik ini, dapat diketahui seberapa baik model dalam mengenali dan melokalisasi objek, seperti slot parkir kosong, pada berbagai kondisi. Hasil mAP yang tinggi menunjukkan bahwa model mampu bekerja dengan akurat dan konsisten, yang menjadi tujuan utama dari proses pelatihan ini

$$\frac{1}{n} \sum_{k=1}^{k=n} AP_k \quad (1)$$

2.5. Pengujian dan Evaluasi

Tahap pengujian dilakukan dengan mengimplementasikan model menggunakan video area parkir untuk memastikan model dapat mendeteksi area parkir kosong dengan akurat. Selama pengujian, perhatian khusus diberikan pada bounding box yang dihasilkan oleh model pada video, yang menandai lokasi slot parkir kosong. Evaluasi dilakukan dengan melakukan pengamatan secara langsung terhadap kesesuaian bounding box yang dihasilkan. Hal ini meliputi pengecekan apakah bounding box secara tepat mengelilingi area parkir kosong dan tidak menimbulkan kesalahan deteksi. Selain itu, performa model juga dievaluasi berdasarkan frame rate per second (FPS) yang dihasilkan selama proses deteksi. Frame rate yang tinggi menunjukkan bahwa model dapat bekerja secara real-time dengan respons yang cepat, sementara frame rate yang rendah dapat mengindikasikan kebutuhan optimasi lebih lanjut untuk meningkatkan efisiensi komputasi.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil Pengumpulan Dataset

Data gambar yang digunakan sebagai dataset sebanyak 62 gambar yang merupakan dataset publik kaggle dataset yang dipilih adalah gambar dengan kualitas jernih dan pencahayaan cukup terang. Salah satu contoh gambar yang tersedia dalam dataset dapat dilihat pada Gambar 3.1

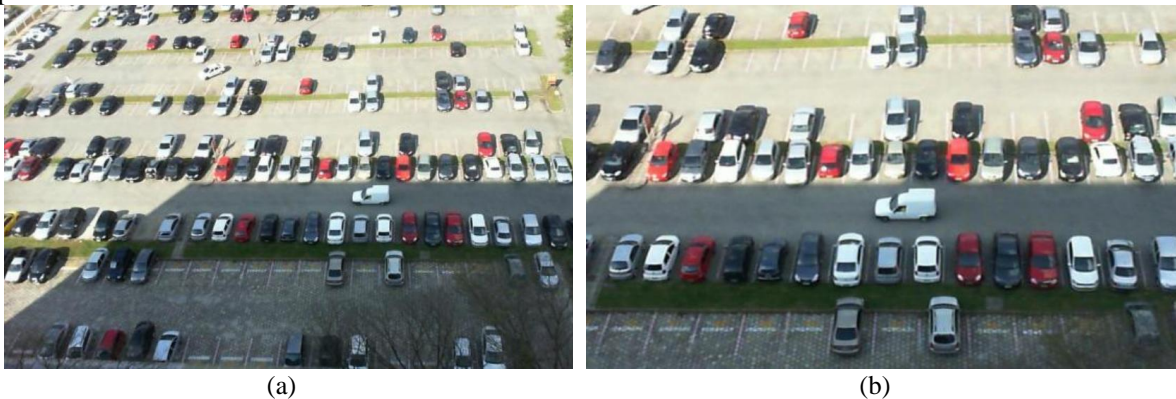


Gambar 2. Contoh Dataset

3.2. Hasil Preprocessing

3.2.1 Cropping Data

Proses cropping bertujuan untuk memotong atau menghilangkan bagian area parkir yang terlalu jauh dari kamera atau tidak relevan dengan tujuan penelitian. Hal ini penting karena area yang jauh dapat menurunkan kualitas data dan mengganggu kinerja model dalam mengenali objek. Dengan melakukan cropping seperti pada Gambar 2, fokus analisis dapat diarahkan pada area parkir yang lebih dekat dan jelas, sehingga meningkatkan akurasi deteksi. Selain itu, cropping juga membantu mengurangi ukuran data, yang mempercepat proses pelatihan model.



Gambar 3. Cropping dataset (a) sebelum cropping (b) setelah cropping.

3.2.2. Pelabelan Objek

Proses pelabelan dataset dilakukan menggunakan aplikasi Roboflow, sebuah platform yang memudahkan dalam mengelola dan mempersiapkan data untuk pelatihan model machine learning. Pada tahap ini, dataset dibagi menjadi dua kelas, yaitu kelas 0 dan kelas 1, dengan membentuk bounding box pada setiap objek sebagai pembatas. Bounding box ini berfungsi untuk menandai objek mobil dan area parkir yang kosong. Kelas 0 digunakan untuk menandai area parkir yang telah terisi oleh mobil, sedangkan kelas 1 digunakan untuk menandai area parkir yang kosong. Untuk area parkir kosong, bounding box dibuat dengan mengikuti pembatas garis berwarna putih yang mengelilingi setiap slot parkir. Garis-garis ini berfungsi sebagai panduan visual untuk memastikan bahwa bounding box mencakup seluruh area parkir kosong secara akurat. Sementara itu, pada objek mobil, bounding box disesuaikan dengan posisi dan bentuk mobil yang terparkir. Hal ini dilakukan dengan memastikan bahwa bounding box mengelilingi mobil secara tepat, mulai dari bagian depan hingga belakang mobil, sehingga model dapat belajar mengenali mobil sebagai objek yang menempati slot parkir.



Gambar 4. Hasil Labeling

3.3. Hasil Pelatihan Model

Data set dibagi untuk melakukan proses training. Dataset dibagi menjadi 50 gambar (80%) sebagai training set dan masing masing 6 gambar (10%) sebagai validation set dan Test set. Data dibagi secara acak dengan menggunakan bantuan aplikasi Robofollow. Data training set dan validation set, yang sudah didapatkan kemudian akan digunakan untuk melakukan proses training dataset. Proses training dataset dilakukan dengan menggunakan Google Colabs untuk membantu mempercepat proses training dataset. Proses training dataset dilakukan menggunakan modul bawaan dari YOLOv11 dan versi YOLO yang lain yaitu YOLOv5 dan YOLOv8. Hasil pelatihan model dapat di lihat pada tabel berikut:

Tabel 1. Hasil Pelatihan Model

Epoch	Precision	Recall	mAP50	mAP50-95	Version
10	0.98096	0.9807	0.9902	0.8587	Yolo11
50	0.99793	0.9909	0.9908	0.8889	Yolo11
100	0.99842	0.9912	0.9908	0.8970	Yolo11
100	0.99931	0.9912	0.9913	0.8138	Yolo8
100	0.99915	0.9910	0.9907	0.7992	Yolo5

Hasil pelatihan model menunjukkan perbedaan peningkatan performa pada YOLOv11 seiring dengan bertambahnya jumlah epoch. Pada epoch ke-10, model sudah mencapai precision sebesar 0.98096 dan recall sebesar 0.9807, dengan mAP50 sebesar 0.9902 dan mAP50-95 sebesar 0.85873. Ketika epoch ditingkatkan menjadi 50, precision meningkat menjadi 0.99793, recall menjadi 0.9909, mAP50 sedikit meningkat menjadi 0.9908, dan mAP50-95 meningkat menjadi 0.88894. Pada epoch ke-100, precision mencapai 0.99842, recall mencapai 0.9912, mAP50 tetap stabil di 0.9908, dan mAP50-95 meningkat lagi menjadi 0.89706. Sebagai perbandingan, model YOLOv8 dan YOLOv5 yang dilatih dengan 100 *epoch* memang memiliki nilai *Precision* yang sangat tinggi, masing-masing mencapai 0.99931 dan 0.99915. Namun, jika dilihat dari metrik *mAP50-95*, kedua model ini memiliki nilai yang lebih rendah dibandingkan YOLOv11, yaitu 0.8138 untuk YOLOv8 dan 0.7992 untuk YOLOv5. Hal ini menunjukkan bahwa YOLOv11 dapat mendeteksi objek lebih baik jika dibandingkan dengan YOLOv5 dan YOLOv8.

3.4. Hasil Pengujian dan Evaluasi

Pengujian dilakukan menggunakan salah satu video area parkir untuk menentukan jumlah dan posisi lahan parkir kosong yang tersedia. Pengujian dilakukan pada video untuk setiap dataset model (epoch 10,50 dan 100) yang dihasilkan pada proses training dataset. Hasil Pengujian dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 2. Hasil Pengujian

Epoch	Jumlah Slot Parkir	kosong	Slot Parkir Kosong yang Terdeteksi Model	Terisi	Slot Parkir Terisi yang Terdeteksi Model	Frame Rate
10	96	1	0	95	95	19

10	96	2	0	94	94	19
10	96	3	0	93	93	19
50	96	1	0	95	95	20
50	96	2	0	94	94	20
50	96	3	0	93	93	20
100	96	1	1	95	95	25
100	96	2	2	94	94	25
100	96	3	3	93	93	25

Hasil evaluasi model deteksi slot parkir menunjukkan perkembangan performa seiring dengan peningkatan jumlah epoch. Pada epoch ke-10, model belum dapat mendeteksi slot parkir yang kosong dengan benar, meskipun mampu mendeteksi semua slot parkir yang terisi dengan Frame rate yang dicapai adalah 19. Pada epoch ke-50, model masih belum mampu mendeteksi slot parkir kosong, namun tetap konsisten dalam mendeteksi slot parkir terisi. Frame rate meningkat sedikit menjadi 20 FPS. Pada epoch ke-100, model mulai menunjukkan kemampuan mendeteksi slot parkir kosong dengan benar (deteksi sesuai kondisi), sementara deteksi slot parkir terisi tetap akurat. Frame rate juga meningkat signifikan menjadi 25 FPS, menunjukkan peningkatan efisiensi dan kecepatan pemrosesan model.

4. KESIMPULAN

Dengan jumlah dataset yang relatif kecil, yaitu hanya 62 gambar, model YOLO11 tetap mampu menunjukkan performa yang baik dalam mendeteksi lahan parkir kosong. Model yang dikembangkan menunjukkan performa yang lebih baik dibandingkan dengan YOLOv8 dan YOLOv5. YOLOv11 memiliki nilai precision 99%, recall 99%, dan Mean Average Precision (mAP) 99%. Model mengalami peningkatan signifikan seiring dengan bertambahnya jumlah epoch. Pada epoch ke-10 dan ke-50, model belum mampu mendeteksi slot parkir kosong dengan benar, meskipun akurasi deteksi slot parkir terisi sudah optimal. Namun, pada epoch ke-100, model mulai menunjukkan kemampuan yang baik dalam mendeteksi slot parkir kosong dan slot parkir terisi mobil dengan deteksi yang sesuai kondisi. Selain itu, frame rate juga meningkat dari 19 FPS pada epoch ke-10 menjadi 25 FPS pada epoch ke-100, menunjukkan peningkatan kecepatan dan efisiensi pemrosesan. Meskipun hasil yang diperoleh cukup baik, keterbatasan jumlah dataset ini dapat berdampak pada kemampuan model ketika diterapkan pada data baru di lingkungan nyata. Model yang dilatih dengan data terbatas berisiko mengalami *overfitting*, di mana model bekerja sangat baik pada dataset pelatihan tetapi kurang optimal dalam mengenali pola pada data yang belum pernah dilihat sebelumnya. Selain itu, variasi kondisi pencahayaan, sudut pandang, serta faktor lingkungan lain mungkin belum sepenuhnya terwakili dalam dataset yang ada. Oleh karena itu, pengembangan lebih lanjut diperlukan, terutama dengan memperbanyak dan memperluas variasi dataset agar model lebih robust terhadap berbagai kondisi. Selain itu, implementasi model pada skenario nyata perlu dilakukan untuk mengevaluasi kinerjanya dalam lingkungan yang lebih kompleks dan dinamis.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah berkontribusi dan mendukung penelitian ini. Terima kasih kepada Universitas Bumigora Mataram yang telah memberikan fasilitas dan sumber daya yang dibutuhkan selama proses penelitian. Penulis juga menyampaikan apresiasi kepada Dr. Ir. Bambang Krismono T., S.Kom., M.Kom dan Dr. Galih Hendro Martono, M.Eng atas bimbingan, arahan, dan masukan berharga yang telah diberikan. Tidak lupa, terima kasih kepada rekan-rekan peneliti dan tim yang telah bekerja sama dengan baik, serta keluarga dan teman-teman yang selalu memberikan dukungan moral. Semoga kontribusi semua pihak dapat bermanfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi.

REFERENSI

- [1] B. K. Dang and T. T. Dang, "The role of economic freedom in the development of international tourism in Asian countries," *Econ. J. Emerg. Mark.*, pp. 101–113, Oct. 2024, doi: 10.20885/ejem.vol16.iss2.art1.
- [2] S. Sugiyanto, I. W. Arnaya, S. S. Ryanto, and A. A. B. O. K. Surya, "Analisa Faktor Pemilihan Moda Transportasi Menggunakan Metode Analytic Hierarchy Process," *JTTL*, vol. 2, no. 1, pp. 11–18, May 2021, doi: 10.52920/jttl.v2i1.18.
- [3] Echa Oktamiani Maulana, "Deteksi Hunian Di Tempat Parkir (Occupancy Detection In Parking Lot)," *IGNITE*, vol. 2, no. 2, pp. 45–60, Apr. 2024, doi: 10.59841/ignite.v2i2.1050.
- [4] F. Assidhiqi, R. Rahmadi, and R. A. Rajagede, "Pengembangan Sistem Deteksi Hunian Parkir Menggunakan Metode Convolutional Neural Network," Jan. 2021.
- [5] S. S. Channamallu, S. Kermanshachi, J. M. Rosenberger, and A. Pamidimukkala, "A review of smart parking systems," *Transportation Research Procedia*, vol. 73, pp. 289–296, 2023, doi: 10.1016/j.trpro.2023.11.920.
- [6] P. R. L. De Almeida, L. S. Oliveira, A. S. Britto, E. J. Silva, and A. L. Koerich, "PKLot – A robust dataset for parking lot classification," *Expert Systems with Applications*, vol. 42, no. 11, pp. 4937–4949, Jul. 2015, doi: 10.1016/j.eswa.2015.02.009.
- [7] A. Fahim, M. Hasan, and M. A. Chowdhury, "Smart parking systems: comprehensive review based on various aspects," *Heliyon*, vol. 7, no. 5, p. e07050, May 2021, doi: 10.1016/j.heliyon.2021.e07050.
- [8] R. Grbić and B. Koch, "Automatic vision-based parking slot detection and occupancy classification," *Expert Systems with Applications*, vol. 225, p. 120147, Sep. 2023, doi: 10.1016/j.eswa.2023.120147.

- [9] E. Tanuwijaya and C. Faticah, "Penandaan Otomatis Tempat Parkir Menggunakan YOLO Untuk Mendeteksi Ketersediaan Tempat Parkir Mobil Pada Video CCTV," *Bri*, vol. 5, no. 1, p. 189, Feb. 2020, doi: 10.28926/briliant.v5i1.434.
- [10] F. Zhou, H. Zhao, and Z. Nie, "Safety Helmet Detection Based on YOLOv5," in *2021 IEEE International Conference on Power Electronics, Computer Applications (ICPECA)*, Shenyang, China: IEEE, Jan. 2021, pp. 6–11. doi: 10.1109/ICPECA51329.2021.9362711.
- [11] A. Dhutanggara, D. H. U. Ningsih, and E. Zuliarso, "Optimasi Sistem Smart Parking Menggunakan Metode YOLO dan Algoritma A*(A-star)," vol. 20, no. 2, Desember 2024.
- [12] A. F. Alauddin and A. Rosadi, "Penerapan Algoritma Yolo Untuk Mendeteksi Ketersediaan Lahan Parkir Di Umsurabaya," vol. 2, 2023.
- [13] G. Siringoringo and F. Utamingrum, "Sistem Parkir Otomatis berdasarkan Pengenalan Jenis Kendaraan menggunakan Metode Yolov3-Tiny," Nov. 2022.
- [14] O. E. Karlina and D. Indarti, "Pengenalan Objek Makanan Cepat Saji Pada Video Dan Real Time Webcam Menggunakan Metode You Look Only Once (Yolo)," *infokom*, vol. 24, no. 3, pp. 199–208, 2019, doi: 10.35760/ik.2019.v24i3.2362.
- [15] M. Sobirin, Tiorivaldi, and C. Mufit, "Car Parking Space Detection Using YOLOv8," in *Proceedings of the 4th International Seminar and Call for Paper*, Jakarta, Indonesia: SCITEPRESS - Science and Technology Publications, 2023, pp. 394–398. doi: 10.5220/0012582600003821.
- [16] G. N. Rizkatama, A. Nugroho, and A. F. Suni, "Sistem Cerdas Penghitung Jumlah Mobil untuk Mengetahui Ketersediaan Lahan Parkir berbasis Python dan YOLO v4," *Edukompitika*, vol. 8, no. 2, pp. 91–99, Dec. 2021, doi: 10.15294/edukompitika.v8i2.47865.
- [17] Z. Chen, X. Wang, W. Zhang, G. Yao, D. Li, and L. Zeng, "Autonomous Parking Space Detection for Electric Vehicles Based on Improved YOLOV5-ORB Algorithm," *WEVJ*, vol. 14, no. 10, p. 276, Oct. 2023, doi: 10.3390/wevj14i100276.
- [18] Y. Doshi, K. Shah, N. Katre, V. Sawant, and S. Correia, "Comparision of YOLO Models for Object Detection from Parking Spot Images," *eatp*, Apr. 2024, doi: 10.53555/kuey.v30i4.7025.
- [19] A. Sani and D. H. Ayyasy, "Prototipe Deteksi Ketersediaan Slot Parkir Berbasis Pengolahan Citra," *JAEE*, vol. 6, no. 2, pp. 59–63, Dec. 2022, doi: 10.30871/jaee.v6i2.4452.
- [20] D. N. Alfarizi, R. A. Pangestu, D. Aditya, M. A. Setiawan, and P. Rosyani, "Penggunaan Metode YOLO Pada Deteksi Objek: Sebuah Tinjauan Literatur Sistematis," vol. 1, no. 1, 2023.
- [21] R. Ardianto and S. K. Wibisono, "Analisis Deep Learning Metode Convolutional Neural Network Dalam Klasifikasi Varietas Gandum," vol. 6, no. 12, 2023.
- [22] J. Redmon, S. Divvala, R. Girshick, and A. Farhadi, "You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection," in *2016 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, Las Vegas, NV, USA: IEEE, Jun. 2016, pp. 779–788. doi: 10.1109/CVPR.2016.91.
- [23] M. F. Arif, A. Nurkholis, S. Laia, and P. Rosyani, "Deteksi Kendaraan Dengan Metode YOLO," vol. 01, no. 01, 2023.
- [24] H. O. K. Sugianto, M. A. D. Widyadara, and A. B. Setiawan, "IMPLEMENTATION OF FACE RECOGNITION FOR ATTENDANCE USING YOLO V3 METHOD," 2022.
- [25] R. Khanam and M. Hussain, "YOLOv11: An Overview of the Key Architectural Enhancements," Oct. 23, 2024, *arXiv*: arXiv:2410.17725. doi: 10.48550/arXiv.2410.17725.